

IDENTIFIERING AV VIRTUELLT RASTERMÖNSTERTekniskt område

Föreliggande uppfinning hänför sig allmänt till identifiering av rastermönster, speciellt i samband med positionsavkodning på en yta som är försedd med ett flertal positionskodande markeringar. Närmare bestämt avser 5 uppfinningen identifiering av ett virtuellt rastermönster i en avbildning av denna yta, på vilken varje markering är associerad med en respektive korsningspunkt för rasterlinjer tillhörande det virtuella rastermönstret.

10 Bakgrund till uppfinningen

I många sammanhang är det önskvärt att kunna bestämma en absolut position på en yta. Ett exempel är vid digitalisering av ritningar. Ett annat exempel är när man vill åstadkomma en elektronisk version av handskriven 15 information.

Exempel på tidigare kända anordningar för positionsbestämning finns i US-A-5 852 434, där en anordning för bestämning av en absolut position beskrivs. Anordningen innefattar en skrivyta som är försedd med ett 20 positionskodningsmönster med vars hjälp x-y-koordinater kan bestämmas, en detektor som kan detektera positionskodningsmönstret och en processor som på basis av det detekterade positionskodningsmönstret kan bestämma detektorns position i förhållande till skrivytan. Anordningen 25 gör det möjligt för en användare att mata in handskriven och handritad information i en dator samtidigt som informationen skrivs/ritas på skrivytan.

Tre exempel på positionskodning ges i US-A-5 852 434. Det första exemplet består av symboler som var 30 och en är uppbyggda av tre koncentriskt cirkel. Den yttersta cirkeln representerar x-koordinaten och den mellersta y-koordinaten. De båda yttersta cirkelarna är vidare uppdelade i 16 delar som beroende på om de är fyllda eller inte anger olika tal. Detta innebär att

varje koordinatpar  $x$ ,  $y$  kodas med en komplex symbol med ett speciellt utseende.

I det andra exemplet anges koordinaterna i varje punkt på skrivytan med hjälp av en staplad streckkod, varvid en streckkod för  $x$ -koordinaten är angiven ovanför en streckkod för  $y$ -koordinaten.

Som ett tredje exempel anges att ett schackrutmönster kan användas för att koda  $x$ - och  $y$ -koordinaterna. Det finns dock ingen förklaring till hur schackrutmönstret är uppbyggt eller hur det kan översättas till koordinater.

Ett problem med positionskodningsmönstret enligt US-A-5 852 434 är att det är uppbyggt av komplexa symboler och ju mindre dessa symboler görs desto svårare blir det att framställa den mönstrade skrivytan och desto större blir risken för felaktiga positionsbestämningar, men ju större symbolerna görs desto sämre blir positionsupplösningen.

Ett ytterligare problem är att processorns behandling av det detekterade positionskodningsmönstret blir tämligen komplicerad på grund av att det är komplexa symboler som skall tolkas.

Ännu ett problem är att sensorn måste utformas så att den kan registrera fyra symboler samtidigt så att den säkert får med minst en symbol i sin helhet, vilket krävs för att positionsbestämningen skall kunna genomföras. Förhållandet mellan erfordrad sensoryta och den yta av positionskodningsmönstret som definierar en position är således stort.

I internationella patentansökan PCT/SE00/01895, vilken är överläten till föreliggande sökande, beskrivs en positionskod som övervinner ovanstående problem. Positionskoden består av ett raster och markeringar, som är belägna vid varje rasterpunkt. Markeringarna är företrädesvis huvudsakligen lika stora, runda samt förskjutna i förhållande till rasterpunkterna i endera av fyra orto-

gonala riktningar. Rastret är virtuellt och är sålunda osynligt för såväl ögat som sensorer.

För att avkoda ovannämnda positionskod erfordras att det virtuella rastret identifieras. Identifieringen av rastret är föremål för föreliggande uppfinning.

#### Sammanfattning av uppfinningen

Föreliggande uppfinning har således som ändamål att anvisa ett sätt att identifiera ett virtuellt rastermönster i en avbildning av inledningsvis beskrivet slag.

10 Ett speciellt ändamål är att möjliggöra identifiering av ett regelbundet, virtuellt rastermönster i en avbildning som är registrerad med en okänd vridning och/eller ett okänt perspektiv mellan den avbildande sensorn och den avbildade ytan.

15 Dessa och andra ändamål, som kommer att framgå av följande beskrivning, uppnås helt eller delvis genom sätt enligt efterföljande patentkrav 1 och 26, en datorprogramprodukt enligt efterföljande patentkrav 27 och en anordning för positionsbestämning enligt efterföljande  
20 patentkrav 28. Föredragna utföringsformer definieras i de underordnade patentkraven.

Enligt uppfinningen används någon form av Fourieranalys för identifiering av det virtuella rastermönstret. Detta ger ett flertal viktiga fördelar. Vid Fourieranalysen bearbetas hela avbildningen, eller en delmängd därav, som en enhet. Därmed kan identifieringen verkställas med  
25 låg känslighet för lokala störningar, t ex brus i avbildningen eller smuts på den avbildade ytan. Användningen av Fourieranalys möjliggör också effektiv och entydig  
30 kompensering för en okänd vridning och/eller ett okänt perspektiv mellan den avbildande sensorn och den avbildade ytan.

Ovannämnda Fourieranalys omfattar klassisk Fourieranalys, vilken dock normalt är mycket beräkningskrävande  
35 och ofta ersätts av FFT, Fast Fourier Transformation, som också kan användas i föreliggande uppfinning.

Enligt ett föredraget utförande verkställs, före  
 Fourieranalysen av avbildningen, en omvandling av avbild-  
 ningen till en uppsättning diskreta enhetspulser som pla-  
 ceras i markeringarnas positioner i avbildningen. Därmed  
 5 kan en beräkningstekniskt förenklad, klassisk Fourierana-  
 lys användas. En dubbelintegral ersätts därvid av en  
 summa över de diskreta enhetspulserna, varvid antalet  
 erforderliga operationer reduceras. Identifieringen via  
 Fourieranalys kan således verkställas på beräkningstek-  
 10 niskt effektivt vis och implementeras i en snabb program-  
 kod som kan exekveras av en strömsnål processor i real-  
 tid.

Företrädesvis placeras varje enhetspuls i tyngd-  
 punkten av motsvarande markering. Därmed uppnås att varje  
 15 markering motsvaras av en enda placering som är entydig  
 och väsentligen oberoende av markeringens form. Likaså  
 minimeras inverkan av oskärpa i avbildningen, beorende på  
 rörelse eller att bilden inte befinner sig det optiska  
 systemets fokus.

20 Enligt ett föredraget utförande omfattar Fourier-  
 analysen stegen att beräkna ett spatialt frekvensspektrum  
 i två dimensioner på basis av avbildningen, att utgående  
 från frekvensspektrat identifiera minst två huvudvektorer  
 hos avbildningen, och att på basis av huvudvektorerna  
 25 identifiera rastermönstrets rasterlinjer. De av Fourier-  
 analysen resulterande huvudvektorerna återger de domine-  
 rande riktningarna i avbildningen, närmare bestämt norma-  
 lerna till rasterlinjernas riktningar, och huvudvektorer-  
 nas längder motsvarar avbildningens dominerande spatial-  
 30 frekvenser längs huvudvektorerna. I ett ortogonalt, lik-  
 formigt rastermönster är huvudvektorerna således två  
 inbördes ortogonala vektorer med en längd motsvarande de  
 inbördes avstånden mellan rasterlinjerna.

Det bör noteras att begreppet "spatialt frekvens-  
 35 spektrum", inom ramen för uppfinningen, även innefattar  
 sin invers, d v s ett "spatialt våglängdsspektrum".

Det är föredraget att det spatiala frekvensspektrat beräknas på basis av ett centralt parti av avbildningen. Därmed minimeras ogynnsam inverkan av ett eventuellt perspektiv i avbildningen. Om avbildningen innehåller ett perspektiv så kommer nämligen de spatiala frekvenserna att variera över avbildningen, och mest i det perifera partierna av denna. Vidare minskas beräkningstiden, eftersom en delmängd av avbildningen utvärderas. I vissa fall medför valet av det centrala partiet också lägre krav på avbildningskvalitet och/eller belysning av den yta som avbildas.

Enligt ett föredraget utförande identifieras huvudvektorerna genom att man i det spatiala frekvensspektrat lokaliserar positioner för toppar som överskrider ett givet tröskelvärde, och att man på basis av dessa positioner väljer huvudvektorer.

Det bör också noteras att det, ehuru möjligt, inte är nödvändigt att beräkna ett fullständigt spatialt frekvensspektrum i två dimensioner, dvs för alla tänkbara riktningar och spatialfrekvenser i avbildningen. Det spatiala frekvensspektrat beräknas eller "samplas" dock företrädesvis utgående från en tvådimensionell Fouriertransform längs minst två riktningar i avbildningen.

Enligt ett ytterligare föredraget utförande sker beräkningen av det spatiala frekvensspektrat och identifieringen av huvudvektorerna däri genom att man stegvis ändrar riktningen för en riktningsvektor inom ett vinkelintervall, på basis av varje sådan riktningsvektor beräknar minst ett absolutvärde av den tvådimensionella Fouriertransformen för avbildningen, och identifierar de absolutvärden som överskrider nämnda tröskelvärde. Vinkelintervallet, som typiskt är  $180^\circ$  eller mindre eftersom ett större vinkelintervall resulterar i redundant information, avsöks typiskt i steg om ca  $2^\circ$ - $4^\circ$ , även om mindre eller större steg kan användas i vissa tillämpningar. Tröskelvärdet är typiskt 30-70% av det teoretiskt maximala absolutvärdet, vilket är proportionellt mot

antalet markeringar i den delmängd av avbildningen som underkastas Fourieranalysen. Det maximala absolutvärdet kan således beräknas för varje delmängd.

- Det är föredraget att riktningsvektorns längd, under
- 5 avsökningen av vinkelintervallet, ändras inom ett frekvensintervall som innefattar rastermönstrets nominella spatialfrekvens, dvs spatialfrekvensen hos rastermönstret på den avbildade ytan. Frekvensintervallet är lämpligen valt så att det innehåller alla tänkbara spatialfrekven-
- 10 ser som kan uppkomma som resultat av avbildningsförhållandet (vridning/perspektiv) mellan den avbildande sensorn och den avbildade ytan. För en avbildning i form av en mängd enhetspulser medför beräkningen av Fouriertransformen för varje ny längd av en given riktnings-
- 15 vektor endast ett extra additionssteg, vilket kan utföras på beräkningseffektivt vis. Företrädesvis ändras riktningsvektorns längd i steg som är omvänt proportionella mot någon lämplig 2-potens, t ex åttondelar ( $2^{-3}$ ), eftersom steglängden då kan beräknas genom ett tidseffektivt
- 20 bit-skift. Det är tänkbart att den stegvisa ändringen av riktningsvektorns längd avbryts vid identifiering av ett eller flera absolutvärden som överskrider tröskelvärdet, och att riktningsvektorns riktning ändras inom vinkelintervallet för beräkning av ett nytt absolutvärde av den
- 25 tvådimensionella Fouriertransformen.

- Lämpligen lokaliserar positionen för var och en av topparna genom beräkning av tyngdpunkten för de absolutvärden som överskrider tröskelvärdet och som angränsar varandra i det spatiala frekvensspektrat. Detta ger en
- 30 förhållandevis noggrann positionsbestämning för topparna, även vid grov avsökning av vinkelintervallet.

- Enligt ett föredraget utförande omfattar delsteget att välja minst två huvudvektorer att man låter varje topp-position identifiera en kandidatvektor, att man
- 35 låter minst en aktuell avbildningstransform, som ger en given ändring av förhållandet mellan två vektorer, operera på kandidatvektorerna, och att man som huvudvektorer

väljer de kandidatvektorer som för nämnda minst en aktuell avbildningstransform uppnår ett önskat inbördes förhållande. Detta delsteg verkställs för att utröna vilka av de lokaliserade topp-positionerna som återger

5 huvudvektorer. Topp-positionerna kan, vid sidan av huvudvektorer, återge andra ordningens dominerande mönster i avbildningen, t ex diagonalmönster, eller mönster till följd av störningar/brus.

Avbildningstransformen är lämpligen en transform,

10 t ex elliptisk, som ändrar både längdförhållandet och vinkelförhållandet mellan vektorerna. Det önskade inbördes förhållandet är i detta fall ett längd- och vinkelförhållande som överensstämmer med förhållandet mellan rasterlinjerna i det ursprungliga rastermönstret, dvs det

15 virtuella rastermönstret på den avbildade ytan. Om det ursprungliga rastermönstret exempelvis är ett ortogonalt, likformigt rastermönster bör således

avbildningstransformen överföra huvudvektorerna till ett ortogonalt vinkelförhållande med längdförhållandet 1:1.

20 Om en av kandidatvektorerna motsvarar en diagonalriktning i avbildningen, så bör vinkelförhållandet således vara  $45^\circ$  och längdförhållandet vara  $1:\sqrt{2}$ .

Det är tänkbart att sekventiellt låta en serie av olika aktuella avbildningstransformer operera på kandidatvektorerna, åtminstone tills ett önskat inbördes för-

25 hållande uppnås mellan kandidatvektorerna. Alternativt kan den aktuella avbildningstransformen väljas adaptivt, närmare bestämt på basis av en tidigare avbildnings-

transform som gav upphov till det önskade förhållandet

30 för en föregående avbildning.

Det är föredraget att varje aktuell avbildnings-

transform motsvarar ett givet avbildningsförhållande mellan den avbildande sensorn och den avbildade ytan. I ett mycket beräkningseffektivt, men relativt onoggrannt,

35 utförande härleds avbildningsförhållandet utgående från vilken avbildningstransform som ger upphov det önskade förhållandet mellan kandidatvektorerna, varpå vridning

och perspektiv i avbildningen minimeras på basis av detta, avbildningsförhållande.

Enligt ett alternativt utförande väljs istället huvudvektorerna på basis av tidigare huvudvektorer som fastställts för en föregående avbildning. Det är tänkbart att sätta huvudvektorerna lika med de tidigare huvudvektorerna, eller att vikta in information om dessa tidigare huvudvektorer vid identifieringen av huvudvektorerna, exempelvis för att effektivisera lokaliseringen av toppar i det spatiala frekvensspektrat.

Enligt ett fördraget utförande transformeras markeringarna med de identifierade huvudvektorerna som bas för åstadkommande av en vridningskorrigerad avbildning i vilken vridning av markeringarna över avbildningens bildplan är väsentligen eliminerad.

Enligt ett ytterligare fördraget utförande verkställs en kompensering för perspektiv i den sålunda vridningskorrigerade avbildningen. Denna kompensering kan föregås av en behovsprövning, enligt vilken man fastställer bredden på de mot huvudvektorerna svarande topparna i ett spatialt frekvensspektrum av nämnda vridningskorrigerade avbildning. Om bredden överstiger ett givet breddvärde verkställs perspektivkompenseringen. Bredden av topparna kan fastställas på beräkningseffektivt vis eftersom topparnas positioner i det spatiala frekvensspektrat väsentligen är kända från föregående behandlingssteg.

Perspektivkompenseringen omfattar lämpligen att man mäter en lutningsvariation för rastermönstret längs varje huvudvektor i den vridningskorrigerade avbildningen, att man på basis av den uppmätta lutningsvariationen beräknar en perspektivtransform som väsentligen eliminerar lutningsvariationen, och att man medelst perspektivtransformen åstadkommer en perspektivkorrigerad avbildning. Detta är ett beräkningseffektivt sätt att med hög noggrannhet åstadkomma en perspektivkorrigerad avbildning.



Det är i detta sammanhang föredraget att mätningen av lutningsvariationen för rastermönstret längs en vald huvudvektor omfattar att man via Fourieranalys av minst två längs den valda huvudvektorn fördelade delmängder av den vridningskorrigerade avbildningen beräknar minst en delmängdshuvudvektor för varje delmängd, att man för varje delmängdshuvudvektor identifierar en utgångsposition i den tillhörande delmängden, och att man på basis av delmängdshuvudvektorerna och utgångspositionerna beräknar lutningsvariationen längs den valda huvudvektorn. Identifieringen av delmängdshuvudvektorerna via Fourieranalys kan åstadkommas på snabbt vis om man utgår från de kända huvudvektorerna. Delmängdshuvudvektorerna ligger nämligen i allmänhet nära huvudvektorerna.

Utgångspositionen identifieras företrädesvis på basis av tyngdpunkten för de i respektive delmängd ingående markeringarna. Därmed påverkas identifieringen av utgångspositionen i endast liten omfattning av avbildningsfel, såsom kraftiga perspektiv, förlorade markeringar, extra markeringar, brus etc. Alternativt skulle utgångspositionen kunna sättas till delmängdens mittpunkt, varigenom de erforderliga beräkningarna minimeras.

Ett ytterligare föredraget utförande omfattar stegen att via Fourieranalys av den vridningskorrigerande eller perspektivkorrigerade avbildningen mäta dess fasförskjutning längs respektive huvudvektor, och att på basis av de uppmätta fasförskjutningarna lokalisera rastermönstret relativt markeringarna i avbildningen. Fasförskjutningen fås lämpligen som fasvinkeln för den tvådimensionella Fouriertransformen av avbildningen för huvudvektorerna och kan enkelt elimineras genom en transformationsoperation. Rasterlinjernas riktningar ges sedan av normalerna till huvudvektorerna, och avståndet mellan rasterlinjernas korsningspunkter längs huvudvektorerna ges av huvudvektorernas längder.

I vissa fall är det önskvärt att beräkna en normeringstransform som placerar rastermönstrets korsnings-

punkter på ett givet inbördes avstånd, t ex på heltalskoordinater, och att operera normeringstransformen på avbildningen för åstadkommande av en normerad avbildning.

Enligt en annan aspekt av föreliggande uppfinning avser denna en datorprogramprodukt som är avläsbar för en dator och innefattar ett datorprogram med instruktioner för att bringa datorn att genomföra sättet för identifiering enligt ovan. Denna datorprogramprodukt kan exempelvis omfatta ett icke-flyktigt minne till en dator, såsom en diskett eller CD-ROM, eller ett flyktigt minne i en dator. Datorprogramprodukten kan alternativt omfatta propagerande signaler, såsom en bitström för paketöverföring via Internet eller liknande, eller bärvägor som överförs trådburet eller trådlöst till datorn.

Enligt ytterligare en aspekt av föreliggande uppfinning avser denna en anordning för positionsbestämning. Anordningen innefattar en sensor för åstadkommande av en avbildning av en delyta av en yta, vilken är försedd med en positionskod i form av ett flertal markeringar som var och en är associerad med en av ett flertal korsningspunkter tillhörande ett virtuellt rastermönster, och ett bildbehandlingsorgan, som är anordnat att utifrån en delmängd av ytan beräkna en position för delytan. Bildbehandlingsorganet är därvid utformat att identifiera det virtuella rastermönstret i enlighet med sättet ovan.

Fördelarna med datorprogramprodukten och anordningen för positionsbestämning framgår av ovanstående redogörelse. Särdragen som beskrivs i samband med sättet att identifiera ett virtuellt rastermönster är självfallet tillämplbara även på anordningen för positionsbestämning.

Kort beskrivning av ritningarna

Uppfinningen beskrivs nedan i exemplifierande syfte med hänvisning till bifogade ritningar, vilka åskådliggör en för närvarande föredragen utföringsform och på vilka fig 1A-1B visar ett exempel på en yta med ett positionskodningsmönster respektive en avbildning av densamma,

fig 2 illustrerar några av de bearbetningsteg som verkställs vid identifiering av det virtuella rastermönstret i avbildningen enligt fig 1B,

fig 3 visar den tvådimensionella Fouriertransformen av avbildningen enligt fig 1B, med de faktiska beräkningspunkterna markerade med svarta symboler,

fig 4 visar avbildningen enligt fig 1B efter vridningskompensation,

fig 5A-D visar tvådimensionella Fouriertransformer av delmängder av avbildningen enligt fig 4, med de faktiska beräkningspunkterna markerade med svarta symboler,

fig 6 är ett diagram över den beräknade lutningsvariationen längs två huvudvektorer hos avbildningen enligt fig 4,

fig 7 visar avbildningen enligt fig 4 efter eliminering av perspektiv,

fig 8 visar en tvådimensionell Fouriertransform av avbildningen enligt fig 7, med de faktiska beräkningspunkterna markerade med symboler,

fig 9 visar avbildningen enligt fig 7 efter kompensation för förskjutning längs huvudvektorerna, varvid det ursprungliga, ortogonala rastermönstret är identifierat,

fig 10 visar en anordning som kan användas för positionsbestämning,

fig 11 visar ett positionskodningsmönster med triangulärt rastermönster, och

fig 12 visar ett positionskodningsmönster med hexagonalt rastermönster.

#### Beskrivning av föredragna utföringsformer

I fig 1a visas en del av en produkt 1 som på åtminstone en del av sin yta 2 är försedd med ett optiskt avläsningsbart positionskodningsmönster 3 som möjliggör positionsbestämning. Positionskodningsmönstret 3 innefattar markeringar 4 som är systematiskt anordnade över ytan, så att denna har ett "mönstrat" utseende. Positionsbestämningen kan utföras på hela produktens yta. I andra fall kan ytan som medger positionsbestämning utgöra

en mindre del av produkten. Produkten kan exempelvis användas för att åstadkomma en elektronisk representation av information som skrivs eller ritas på ytan. Den elektroniska representationen kan åstadkommas genom att man

5. löpande under skrivning på ytan med en penna, bestämmer pennans position på pappret genom avläsning av positionskodningsmönstret.

Positionskodningsmönstret innefattar närmare bestämt ett virtuellt raster 5 (indikerat med streckade linjer i

10 fig 9), som alltså varken syns för det mänskliga ögat eller kan detekteras direkt av en anordning som skall bestämma positioner på ytan, och markeringarna 4 som var och en, beroende på sin placering, representerar ett av fyra värden. Värdet på en markering 4 beror på dess

15 placering i förhållande till dess nominella position 6 (fig 9), vilken även kan kallas för dess virtuella rasterpunkt och representeras av skärningspunkten mellan rasterlinjerna 7 (fig 9). Markeringen 4 har formen av en cirkulär punkt. I exemplet i fig 9 finns fyra möjliga

20 placeringar, en på var och en av rasterlinjerna 7 som utgår från den nominella positionen 6. Förskjutningen från den nominella positionen 6 är lika stor för alla värden. Det virtuella rastret 5 är i detta fall ortogonalt och har samma delning i sina båda huvud- eller

25 rasterriktningar. Det skall i detta sammanhang påpekas att positionskodningsmönstret i fig 1A och fig 9 av åskådlighetsskäl är kraftigt förstorat. Dessutom visas det bara på en del av produkten.

För detaljer kring genereringen av positionskodningsmönstret, och avkodningen av detsamma för positionsbestämning, hänvisas till sökandens svenska patentansökan PCT/SE00/01895.

30

För att positionskoden skall kunna detekteras behöver det virtuella rastret bestämmas. Detta måste ske

35 med hög noggrannhet och i realtid utgående från en bild av en delyta med ett antal markeringar 4. I fig 1B visas en sådan bild av delytan 8 i fig 1A. Av tydlighetsskäl är

de avbildade markeringarna något större än övriga markeringar i fig 1A. I bilden enligt fig 1B är mönstret distorderat på grund av att sensorn inte har hållits parallellt med den avbildade delytan. Bilden innehåller  
 5 därför såväl ett okänt perspektiv, p g a snedställning ("tilt") av sensorn relativt delytan, och en okänd vridning i bildplanet, p g a vridning ("skewing") av sensorn kring dess normalriktning.

I fig 2 indikeras huvudstegen för återskapande av  
 10 det ursprungliga punktmönstret och identifiering av det virtuella rastret utgående från en registrerad bild. Huvudstegen innefattar förbehandling av bilden (steg 100), detektion av bildens huvudvektorer via Fourieranalys (steg 101), kompensation för vridning i bildplanet  
 15 genom projicering av markeringarna längs huvudvektorerna (steg 102), detektion av perspektivet i den vridningskorrigerade bilden via Fourieranalys (steg 103), borttransformering av det detekterade perspektivet (steg 104), detektion av fasinnehållet i den perspektivkorrigerade bilden via Fourieranalys (steg 105) och slutligen  
 20 borttransformering av fasinnehållet för åstadkommande av ett återskapat punktmönster med tillhörande virtuellt raster (steg 106).

I det följande kommer vart och ett av huvudstegen  
 25 att beskrivas i större detalj.

#### Förbehandling (steg 100)

Förbehandlingen syftar till att identifiera alla markeringar 4 i bilden. Detta kan ske genom tröskling, vid vilken en markering identifieras av ett eller flera  
 30 bildelement (pixlar) med ett värde över ett förutbestämt eller beräknat tröskelvärde. Tyngdpunkten för alla sådana bildelement tillhörande en markering beräknas och används i den fortsatta behandlingen. Därmed inverkar markeringens utseende i bilden så lite som möjligt på markeringens sedermera beräknade förskjutning från den nominella positionen. Sedan omvandlas bilden till en punktmängd genom att markeringarna ersätts med enhetspulser

(s k Dirac-pulser,  $\delta$ ) som är placerade markeringarnas tyngdpunkter.

När punktmängden är definierad verkställs ett antal delsteg som baserar sig på Fourieranalys av bilden, eller  
5 snarare ovannämnda punktmängd.

Den generella tvådimensionella Fouriertransformen av en bild  $f(x, y)$  är av formen:

$$F(u, v) = \iint_{\text{bild}} f(x, y) \cdot e^{-2\pi i \cdot (ux + vy)}$$

Eftersom bilden är omvandlad till en punktmängd ges  
10 Fouriertransformen av uttrycket:

$$\begin{aligned} F(u, v) &= \iint_{\text{bild}} \delta(x - x_j, y - y_k) \cdot e^{-2\pi i \cdot (u \cdot x + v \cdot y)} \\ &= \sum_{j,k} e^{-2\pi i \cdot (u \cdot x_j + v \cdot y_k)} \end{aligned}$$

där punktmängden är  $\{x_j, y_k\}$ , och  $(u, v)$  är en  
riktningsvektor, eftersom integralen av en Dirac-puls är  
ett (1), och bildfunktionen mellan Dirac-pulserna är noll  
15 (0).

Detta uttryck kan beräknas förhållandevis snabbt, eftersom antalet operationer blir endast lika med antalet detekterade punkter, d v s vanligtvis av storleksordningen 100.

#### 20 Detektion av huvudvektorer (steg 101)

Efter förbehandlingen av bilden analyseras punktmängden för detektion av dess huvud- eller rastervektorer, dvs dess dominerande riktningar och dominerande spatialfrekvenser. Detta görs genom beräkning av Fouriertransformen av punktmängden för olika riktningsektorer  
25  $(u, v)$ . Absolutvärdena av de beräknade Fouriertransformerna  $|F(u, v)|$  ger ett spatialt frekvensspektrum i två dimensioner.

I fig 3 visas ett spatialt frekvensspektrum för  
30 punktmängden i fig 1b. Mörka områden indikerar högre spektrala amplituder. Det centrala, mörka området bildar

origo, dvs  $(u,v)=(0,0)$ . I stället för att beräkna hela det tvådimensionella frekvensspektrum som visas i fig 3, så beräknar man Fouriertransformen i ett antal punkter, d v s för ett antal olika riktningsvektorer  $(u,v)$ . Dessa 5 punkter är markerade i fig 3. Närmare bestämt "sveps" stegvis ett bandformigt område i ett halvplan av frekvensdomänen. Därvid beräknas flera summor längs en och samma sökriktning. I syfte att effektivisera beräkningarna sker endast skalning längs sökriktningen, och skalärprodukten  $(u_0 \cdot x_j + v_0 \cdot y_k)$  beräknas bara en gång per riktningsvektor  $(u_0, v_0)$ . Skalningen utförs iterativt och ger 10 bara upphov till en extra addition per steg och punkt i varje sökriktning.

I pseudokod kan detta skrivas:

```

15   for punkt=1 to N
        $\alpha_0 = u_0 \cdot \text{punkt}.x + v_0 \cdot \text{punkt}.y$ 
        $d\alpha_0 = \alpha_0 / 8$ 
       for summa=0 to 11
20          $dsum = \exp(-2 \cdot \pi \cdot i \cdot \alpha_0)$ 
            $sum(summa) = sum(summa) + dsum$ 
            $\alpha_0 = \alpha_0 + d\alpha_0$ 
       next summa
   next punkt

```

25 Det är lämpligt att i varje sökriktning använda steg som är omvänt proportionella mot någon lämplig 2-potens ( $2^n$ ), t ex åttondelar enligt ovan, eftersom beräkningen av steget ( $d\alpha_0$ ) därmed reduceras till ett beräknings- 30 effektivt bit-skift.

Bredden på sökbandet i frekvensplanet fastställs utifrån hur mycket avbildningsdistortionen kan antas förändra det ursprungliga mönstrets (fig 1A) spatial- 35 frekvenser längs huvudvektorerna. Detta beror i sin tur på i vilka lägen den avbildande sensorn kan förväntas vara placerad. Normalt sträcker sig sökbandet på båda sidor om mönstrets nominella spatialfrekvenser, d v s

avståndet mellan rasterlinjerna i det ursprungliga  
mönstret. Självfallet kan storleken på stegen i varje  
sökriktning respektive stegen i svepriktningen varieras i  
beroende av tillgänglig processorkraft, önskad beräk-  
5 ningstid och önskad noggrannhet.

Av det ovanstående framgår att sökningen i frek-  
vensplanet sker genom beräkning av ett antal av varandra  
oberoende summor. Sökningen är således av parallell natur  
och lämpar sig därför väl för implementering i hårdvara,  
10 såsom en ASIC.

Efter eller under beräkningen av detta "samplade"  
spatiala frekvensspektrum i två dimensioner identifieras  
kandidatvektorer c1-c3, utgående från beräkningspunkter-  
nas värden. Alla beräkningspunkter med ett värde över ett  
15 tröskelvärde anses vara signifikanta (markerade med svar-  
ta kryss i fig 3) och används för beräkning av koordina-  
terna för kandidatvektorerna c1-c3. Tröskelvärdet bestäms  
som en andel, t ex 50%, av det teoretiskt maximala ampli-  
tudvärdet, vilket är proportionellt mot antalet marke-  
20 ringar i bilden. Antalet markeringar är känt från förbe-  
handlingssteget. Om flera relevanta beräkningspunkter  
gränsar till varandra i frekvensplanet anses tyngdpunkten  
av dessa ge koordinaten för en kandidatvektor c1-c3 i  
frekvensplanet (kandidatvektor som senare visar sig vara  
25 huvudvektor eller diagonalvektor är markerad med vit  
respektive svart stjärna i fig 3).

Det må påpekas att alla punkter i punktmängden inte  
utnyttjas vid ovanstående beräkning, utan endast de som  
ligger närmast bildens mitt. Typiskt används ca 50% av de  
30 tillgängliga punkterna. Detta görs av i huvudsak två  
skäl. Om samtliga punkter skulle tas med, riskerar  
topparna i frekvensplanet (fig 3) att bli alltför breda,  
och därmed svåra att detektera, framförallt vid stora  
perspektiv. Detta på grund av att perspektiv ger upphov  
35 till stora frekvensändringar i perifera delar av bilden.  
I bildens mitt stämmer dock de spatiala frekvenserna  
förhållandevis väl överens med de spatiala medelfrekven-



serna i bilden. Dessutom undviks problem med otillräcklig belysning av bildens periferi, och åtföljande höga brusnivåer. Vidare minskar beräkningstiden i proportion till minskningen av antalet punkter.

- 5 Efter ovanstående beräkningssteg har ett antal toppar detekterats i frekvensplanet. Dock återstår att avgöra vilka av de detekterade topparna som motsvarar huvudvektorer. Om bilden är registrerad utan perspektiv mellan sensorn och den mönstrade produkten så kan diagonalvektorn särskiljas genom att den har en längd som är
- 10  $\sqrt{2}$  gånger längre än huvudvektorerna, som dessutom är ortogonala mot varandra. Detta gäller dock inte vid mer extrema perspektiv, såsom i fig 1B, då varken huvudvektorerna är ortogonala eller längdförhållandet mellan diagonalvektor och huvudvektor är  $\sqrt{2}$ . Dessutom kan ett
- 15 eller flera ogiltiga maxima ha detekterats i frekvensplanet, exempelvis som resultat av störningar eller brus i bilden.

- För identifieringen av huvudvektorer används ett
- 20 antal, typiskt ca 25, avbildningstransformer motsvarande ett antal givna avbildningsförhållanden mellan sensorn och produkten. I fallet med en penna kan ju denna rent fysiskt bara vinklas och vridas relativt produkten på ett begränsat antal olika sätt. Avbildningstransformerna
- 25 återför en given distorderad frekvensdomän till en ortogonal och likformig frekvensdomän, d v s en frekvensdomän där huvudvektorerna verkligen är ortogonala och där längdförhållandet mellan en diagonalvektor och en huvudvektor är  $\sqrt{2}$ . Avbildningstransformerna ger typiskt upphov till en s k elliptisk transformation.
- 30

- Efter identifieringen av kandidatvektorerna c1-c3 låter man avbildningstransformerna operera på dessa kandidatvektorer c1-c3 och mäter hur väl de transformerade kandidatvektorernas egenskaper (riktning och längd)
- 35 verkar överensstämma med sanna huvudvektorer.

Ovanstående kan genomföras genom att alla avbildningstransformer tillåts operera på alla kandidatvektorer

c1-c3, att de transformerade kandidatvektorerne åsätts poäng utgående från sina inbördes förhållanden, och att huvudvektorerne identifieras bland de transformerade kandidatvektor som fick högst poäng. Vid behov kan också  
 5 den avbildningstransform som gav upphov till högst poäng identifieras.

Ett mer beräknings effektivt alternativ är uppdelat på två delsteg. I det första delsteget tillåts en sekvens av avbildningstransformer operera på alla par av kandi-  
 10 datvektorer c1-c3, för identifiering av alla potentiella par av huvudvektorer och de avbildningstransformer som gav upphov till dessa potentiella par. Potentiella par av huvudvektorer har efter transformationen ett ortogonalt inbördes vinkelförhållande, ett inbördes längdförhållande  
 15 om 1:1 och givna längder. Dessa kriterier bedöms självfallet inom givna toleranser. Kriteriet att vektorerna efter transformationen skall ha givna längder syftar till att utesluta att två inbördes ortogonala diagonalvektorer misstas för huvudvektorer. I detta första delsteg avbryts  
 20 lämpligen opererandet av olika avbildningstransformer på ett givet par av kandidatvektorer när detta identifieras som ett par av potentiella huvudvektorer, varpå sekvensen av avbildningstransformer tillåts operera på ett nytt par av kandidatvektorer. Detta minskar antalet nödvändiga  
 25 operationer. I det andra delsteget tillåts de avbildningstransformer som gav upphov till de potentiella paren att operera på eventuella ytterligare kandidatvektorer, varpå dessa ytterligare kandidatvektorer åsätts poäng efter sin överensstämmelse med diagonalvektorer. Huvud-  
 30 vektorerna kan sedan identifieras som det par av kandidatvektorer som fick högst poäng. Uppdelningen i två delsteg medför att den ibland förhållandevis beräknings tunga poängbedömningen endast behöver verkställas för ett fåtal par av kandidatvektorer och ett fåtal avbildnings-  
 35 transformer.

Enligt ett ytterligare alternativ tillåts en sekvens av avbildningstransformer operera på alla par av

kandidatvektorer. Om en tillräckligt hög poäng uppnås för en aktuell avbildningstransform så väljs denna, annars testas nästa avbildningstransform i sekvensen.

- Det är i detta sammanhang tänkbart att testa
- 5 avbildningstransformerna adaptivt, d v s exempelvis på basis av användarens identitet och/eller den avbildnings-
- transform som valdes för en föregående bild. Det är nämligen sannolikt att på varandra följande bilder har av-
- 10 bildats under snarlika förhållanden. En och samma användare verkställer också sannolikt avbildningen på liknande vis varje gång.

- Det är värt att notera att avbildningstransformerna och tillhörande beräkningar är enkla att utföra eftersom
- endast själva kandidatvektorerna transformeras, och inte
- 15 hela punktmängden. Avbildningstransformerna kan vara  $2 \times 2$ -matriser, och antalet operationer blir således fyra per avbildningstransform och kandidatvektorpar.

- Eftersom varje avbildningstransform motsvarar ett känt förhållande mellan sensorn och produkten, ger ovan-
- 20 stående detektionssteg en uppfattning om hur sensorn hålls relativt produkten. Vid låga krav på noggrannhet kan denna information användas direkt för att kompensera för perspektiv och vridning i bilden. Ofta krävs dock en mer noggrann kompensering.

- 25 Enligt ett alternativt angreppssätt sker ej sökning efter toppar i frekvensplanet. Istället väljs initialt en avbildningstransform som tillåts operera på punktmängden, eller en delmängd därav. Därefter identifieras den transformerade punktmängdens huvudvektorer via Fourieranalys,
- 30 lämpligen genom ovan beskriva sökning efter toppar i frekvensplanet. Om ej tillfredsställande resultat uppnås väljs en ny avbildningstransform, varpå en ny identifiering av huvudvektorer verkställs via Fourieranalys. Denna metod är dock förhållandevis beräkningsintensiv, fram-
- 35 förallt om avbildningsförhållandena ändras ofta mellan på varandra följande bilder. För minimering av antalet avbildningstransformer som måste testas baseras valet av

avbildningstransform lämpligen på användarens identitet och/eller den för en föregående bild valda avbildnings-transformen.

Kompensation för vridning (steg 102)

- 5 För att kompensera för vridning av punktmängden i bildplanet projiceras punktmängden längs de enligt ovan detekterade huvudvektorer. Därmed erhålls en punktmängd som är huvudsakligen uppriktad, även om det fortfarande kan finnas kvar en icke-linjär störning i form av ett
- 10 perspektiv i bilden.

- I fig 4 åskådliggörs punktmängden i fig 1B efter sådan uppriktning. För att tydliggöra det kvarvarande perspektivet har också motsvarande virtuella raster markerats med streckade linjer. Det bör noteras att detta
- 15 raster har beräknats utgående från parametrar som fastställs vid nästföljande detektion av perspektiv (steg 103).

Detektion av perspektiv och kompensation för detta (steg 103-104)

- 20 En generell egenskap hos perspektiv är att ursprungligen rätta linjer avbildas på linjer som konvergerar mot en perspektivpunkt. Det går att visa, se Appendix A, att dessa linjer korsar koordinataxlar ( $x_s$ ,  $y_s$ ) hos sensorn (bilden) på ett sådant sätt att linjernas lutningar
- 25 ( $\Delta x_s / \Delta y_s$ ,  $\Delta y_s / \Delta x_s$ ) ökar linjärt längs respektive koordinataxel:

$$\begin{cases} \frac{\Delta x_s}{\Delta y_s} = k k_x \cdot x_s + m k_x \\ \frac{\Delta y_s}{\Delta x_s} = k k_y \cdot y_s + m k_y \end{cases}$$

- I Appendix A visas också att ett lutande plan som ger upphov till detta perspektiv har en z-koordinat som
- 30 varierar enligt formeln:

$$z = C - k k_y \cdot x - k k_x \cdot y,$$

där  $x$ ,  $y$  är rymdkoordinater på det lutande planet, d v s på produktens yta, och  $C$  är en skalfaktor.

Vidare visas i Appendix A att man kan kompensera för perspektiv medelst perspektivtransformen:

$$\begin{cases} x = -\frac{x_s^t}{1 - kk_x \cdot x_s^t - kk_y \cdot y_s^t} \\ y = -\frac{y_s^t}{1 - kk_x \cdot x_s^t - kk_y \cdot y_s^t} \end{cases}$$

där

$$\begin{cases} x_s^t = x_s - y_s \cdot mk_x \\ y_s^t = y_s - x_s \cdot mk_y \end{cases}$$

Innan denna transformering kan göras måste man således mäta hur rastermönstrets lutning varierar längs den vridningskorrigerade punktmängdens huvudvektorer ( motsvarande koordinataxlarna  $x_s$ ,  $y_s$  ovan). Denna lutningsvariation ger de sökta värdena på  $mk_x$ ,  $mk_y$ ,  $kk_x$ ,  $kk_y$ .

Lutningsvariationen mäts via Fourieranalys. Punktmängden delas in i fyra delmängder kring bildens/sensors horisontella och vertikala symmetriaxlar, vars riktningar i praktiken väsentligen sammanfaller med huvudvektorernas riktningar. Varje delmängd omfattar punkterna i ett halvplan: över den horisontella symmetriaxeln, under den horisontella symmetriaxeln, till höger om den vertikala symmetriaxeln, till vänster om den vertikala symmetriaxeln. Till skillnad från vid ovan beskrivna detektion av huvudvektorer (steg 101) används här hela punktmängden vid indelningen i delmängder. Fouriertransformen för respektive delmängd beräknas på motsvarande vis som vid detektionen av huvudvektorer. Svepningen av frekvensplanet sker kring huvudvektorn och fortsätter tills alla signifikanta, angränsande toppvärden har detekterats. På motsvarande vis som vid detektionen av huvudvektorerna beräknas positionen för toppen som tyngdpunkten för alla de beräkningspunkter som gränsar till varandra i frekvensplanet.

I fig 5A-D visas beräkningen för respektive halvplan: övre (fig 5A), undre (fig 5B), vänster (fig 5C), höger (fig 5D), varvid svarta punkter indikerar beräkningspunkter utan detektion av något signifikant topp-

värde, svarta kryss indikerar beräkningspunkter med detektion av ett signifikant toppvärde, och vita stjärnor indikerar tyngdpunkten för respektive topp. Dessa tyngdpunkter definierar delmängdshuvudvektorer, vars riktning ger lutningen  $(\Delta x_s / \Delta y_s, \Delta y_s / \Delta x_s)$  hos punktmängden i respektive halvplan. Det må påpekas att något fullständigt frekvensspektrum i två dimensioner inte beräknas. Av åskådlighetsskäl visas det dock i bakgrunden av fig 5A-5D, varvid det centrala, mörka området bildar origo, d v s  $(u, v) = (0, 0)$ .

För extraheringen av  $mk_x, mk_y, kk_x, kk_y$  beräknas också utgångspositionerna för delmängdshuvudvektorerna i halvplanen. Utgångspositionerna beräknas lämpligen som tyngdpunkten av mängden enhetspulser i respektive halvplan, eftersom tyngdpunkten är förhållandevis okänslig för variationer av sensorns läge, förlorade punkter och starkt perspektiv. Det är dock tänkbart att istället placera utgångspositionen i respektive halvplans geometriska centrum. För delmängdshuvudvektorerna tillhörande vänster och höger halvplan beräknas delmängdshuvudvektorernas korsningspunkter med den horisontella symmetriaxeln, och för delmängdshuvudvektorerna tillhörande de övre och undre halvplanen beräknas delmängdshuvudvektorernas korsningspunkter med den vertikala symmetriaxeln. Lutningarna och korsningspunkterna anpassas till en rät linje, från vilken  $mk_x, mk_y, kk_x, kk_y$  beräknas. I fig 6 visas ett diagram över lutningen längs en symmetriaxel som funktion av positionen på denna symmetriaxel. Svarta kryss indikerar de mätpunkter som erhöles vid Fourieranalysen enligt ovan baserad på punktmängden i fig 4.

När  $mk_x, mk_y, kk_x, kk_y$  är kända verkställs en kom-pensation för perspektiv via perspektivtransformen ovan. I fig 7 visas punktmängden i fig 4 efter kompensering för perspektiv. Motsvarande virtuella raster har också markerats med streckade linjer.

Självfallet är det möjligt att dela in punktmängden i andra delmängder än de som beskrivits ovan för beräk-

ning av lutningsvariationen. Fler delmängder än två per huvudvektor kan användas för ökad noggrannhet.

- Det bör också påpekas att andra transformer kan användas för kompensation för perspektiv. Exempelvis kan 5 ovanstående perspektivtransform ersättas med den approximativa transformen:

$$\begin{cases} x = -x_s \cdot (1 + kx_x \cdot x_s^x + kx_y \cdot y_s^x) \\ y = -y_s \cdot (1 + ky_x \cdot x_s^y + ky_y \cdot y_s^y) \end{cases}$$

- Lutningsvariationen hos den vridningskompenserade bilden kan mätas med andra metoder än Fourieranalys, t ex genom 10 linjeanpassning enligt minsta-kvadrat-metoden. Till skillnad från den beskrivna Fourierbaserade metoden, som behandlar punktmängden som en ensemble, kräver sådana linjeanpassningsmetoder lokala beslut kring enskilda punkter, varför de är mer känsliga för störningar.
- 15 Detektion av förskjutning och kompensation för denna (steg 105-106)

- Efter kompensationen för perspektiv återstår i princip endast en konstant förskjutning längs huvudvektorerna. Såsom framgår av fig 7 är rastret i övrigt 20 huvudsakligen rakt och väsentligen fritt från vridning i bildplanet. Förskjutningarna kan mätas som fasen i Fourieranalysen. Det som återstår är alltså att mäta denna fas och kompensera för den.

- Fouriertransformen för hela punktmängden beräknas på 25 motsvarande vis som vid detektionen av huvudvektorer. Svepningen av frekvensplanet sker kring de huvudvektorer som identifierades i steg 101 ovan och fortsätter tills alla signifikanta, angränsande toppvärden har detekterats. På motsvarande vis som vid detektionen av huvudvektorerna (steg 101) beräknas positionen för toppen som 30 tyngdpunkten för alla de beräkningspunkter som gränsar till varandra i frekvensplanet. Resultatet för punktmängden i fig 7 visas i fig 8, varvid återigen svarta punkter indikerar beräkningspunkter utan detektion av 35 något signifikant toppvärde, svarta kryss indikerar beräkningspunkter med detektion av ett signifikant

toppvärde, och vita stjärnor indikerar tyngdpunkten för respektive topp. Det må påpekas att något fullständigt tvådimensionellt frekvensspektrum inte beräknas. Av åskådlighetsskäl visas det dock i bakgrunden av fig 8, 5 varvid det centrala, mörka området bildar origo, d v s  $(u,v)=(0,0)$ . Av fig 8 framgår också att topparna i frekvensplanet blir smalare efter kompensation för perspektiv. Topparnas bredd kan således användas för fastställning av om det överhuvudtaget finns behov av perspektiv- 10 kompensation i en bild.

Samtidigt med lokaliseringen av respektive huvudvektor via absolutbeloppet av Fouriertransformen erhålls fasförskjutningen längs respektive huvudvektor från Fouriertransformens fasvinkel, som ges av förhållandet 15 mellan dess realdel och imaginärdel. Denna fasförskjutning elimineras genom fastransformering av punktmängden, varpå en ny projektion görs längs de senast fastställda huvudvektorerna. Dessutom sker en skalning, på basis av huvudvektorernas längd, för säkerställande av att rastret 20 lägger sig kring heltalskoordinater.

I fig 9 visas den återskapade bilden efter kompensation för fas. Som synes är det virtuella rastret 5 korrekt lokaliserat relativt markeringarna/enhetspulserna, vilka nu kan avkodas på positionsinformation.

Enligt ett alternativ sker ingen sökning efter nya huvudvektorer i frekvensplanet eftersom dessa efter stegen 101-102 är förhållandesvis väldefinierade. Istället används fasvinklarna för de Fouriertransformer som beräknades för huvudvektorerna vid detektionen av dessa (steg 30 101).

Eventuellt verkställs en kompletterande finjustering av det identifierade rastermönstret efter ovannämnda faskompensation. Eftersom varje markering har ett känt avstånd till sin nominella position kan varje följd av 35 markeringar längs varje huvudvektor anpassas, t ex via en minsta-kvadrat-metod, till en linje, vilken bildar en finjusterad rasterlinje.



### Anordning för positionsbestämning

En utföringsform av en anordning för positionsbestämning visas schematiskt i fig 10. Den innefattar ett hölje 11, som är format ungefär som en penna. I höljets kortända finns en öppning 12. Kortänden är avsedd att ligga an mot eller hållas på litet avstånd från den yta på vilken positionsbestämningen skall ske.

Höljet inrymmer i huvudsak en optikdel, en elektronikdel och en strömförsörjning.

- 10      Optikdelen innefattar minst en lysdiod 13 för belysning av den yta som skall avbildas och en ljuskänslig areasensor 14, exempelvis en CCD- eller CMOS-sensor, för registrering av en tvådimensionell bild. Eventuellt kan anordningen dessutom innehålla ett optiskt system, såsom
- 15      ett spegel- och/eller linssystem. Lysdioden kan vara en infraröd diod, och sensorn kan vara känslig för infrarött ljus.

Strömförsörjningen till anordningen erhålls från ett batteri 15 som är monterat i ett separat fack i höljet.

- 20      Elektronikdelen innehåller bildbehandlingsorgan 16 för bestämning av en position på basis av den med sensorn 14 registrerade bilden och närmare bestämt en processor-enhet med en processor som är programmerad till att läsa in bilder från sensorn och utföra positionsbestämning på
- 25      basis av dessa bilder.

- Anordningen innefattar också i denna utföringsform en pennspets 17, med vars hjälp man kan skriva vanlig färgämnesbaserad skrift på ytan på vilken positionsbestämningen skall ske. Pennspetsen 17 kan vara in- och
- 30      utfällbar så att användaren kan styra om den skall användas eller ej. I vissa tillämpningar behöver anordningen inte ha någon pennspets alls.

- Lämpligen är den färgämnesbaserade skriften av sådant slag att den är transparent för infrarött ljus,
- 35      och lämpligen är markeringarna absorberande för infrarött ljus. Genom användningen av en lysdiod som avger infrarött ljus och en sensor som är känslig för infrarött ljus

sker avkänningen av mönstret utan att ovannämnda skrift interfererar med mönstret.

Anordningen kan också innefatta knappar 18 med vars hjälp anordningen aktiveras och styrs. Den har också en 5 sändtagare 19 för trådlös överföring, t ex med IR-ljus, radiovågor eller ultraljud, av information till och från anordningen. Anordningen kan vidare innefatta en display 20 för visning av positioner eller registrerad information.

10 I sökandens svenska patent nr 9604008-4 beskrivs en anordning för registrering av text. Denna anordning kan användas för positionsbestämning om den programmeras på lämpligt sätt. Om den skall användas för färgämnesbaserad skrivning så måste den vidare kompletteras med en penn- 15 spets.

Anordningen kan vara uppdelad i olika fysiska höljen, varvid ett första hölje innehåller komponenter som är nödvändiga för att ta bilder av positionskodnings- mönstret och för att överföra dessa till komponenter som 20 finns i ett andra hölje och som utför positionsbestämningen på basis av den eller de registrerade bilderna.

Positionsbestämningen görs såsom nämnts av en processor som alltså måste ha programvara för att i en bild lokalisera och avkoda markeringarna och för att från det 25 sålunda erhållna koderna bestämma positioner. Fackmannen kan, utifrån exemplet ovan, konstruera programvara som utför ovan beskrivna identifiering av det virtuella rastermönstret på basis av en bild av en del av ett positionskodningsmönster.

30 Anordningen är företrädesvis specificerad att användas med avbildningsförhållanden som ligger inom givna gränser. Avbildningsförhållandena kan definieras som dels en tillåten snedställning ("tilt") av anordningen (sensor 14) relativt den yta som skall avbildas, exempelvis 35 maximalt ca 60°, dels en tillåten vridning ("skewing") av anordningen kring dess längdaxel, exempelvis i intervallet ca  $\pm 30^\circ$  relativt ett referensläge.

I utföringsexemplet ovan är mönstret optiskt avläsningsbart och sensorn således optisk. Mönstret kan emellertid vara baserat på en annan parameter än en optisk parameter. I sådant fall måste naturligtvis sensorn  
 5 vara av en typ som kan avläsa den aktuella parametern. Exempel på sådana parametrar är kemiska, akustiska eller elektromagnetiska markeringar. Även kapacitiva eller induktiva markeringar kan användas.

Det inses att många variationer är möjliga inom  
 10 ramen för föreliggande uppfinning. Ordningen mellan ovanstående steg 101-106 kan varieras inom ramen för uppfinningen. Exempelvis kan detektion av och kompensation för förskjutning ske före detektion av och kompensation för vridning och/eller perspektiv. Det är dock föredraget  
 15 att verkställa förskjutningsstegen efter vridnings- och perspektivbehandlingsstegen, eftersom förskjutningsstegen beräkningstekniskt då blir speciellt enkla.

Det är också tänkbart att man genomför perspektivbehandlingsstegen före vridningsbehandlingsstegen, lämpligen efter att först ha omvandlat avbildningen till en punktmängd. Ett sådant steg för detektion av perspektiv kan exempelvis omfatta indelning av avbildningen i ett flertal delmängder, och detektion av minst en riktning i varje delmängd, exempelvis via Fourieranalys av respektive delmängd. Därefter utvärderas de detekterade riktningarnas förändring över avbildningen för beräkning av en transform som kompenserar för perspektivet i avbildningen. Eventuellt kan samma transform även kompensera för vridning i bildplanet. Utvärderingen kan exempelvis  
 20 resultera i en identifiering av avbildningens perspektivpunkter, vilka sedermera transformeras till positioner i oändligheten på avbildningens symmetriaxlar, exempelvis medelst en perspektivtransform av det slag som används vid steg 104 ovan. Om transformeringen endast kompenserar  
 30 för perspektiv följs denna lämpligen av detektion av vridning och kompensation för densamma, exempelvis enligt ovanstående steg 101-102.

Vidare kan markeringarna ha ett annat utseende än vad som beskrivits i ovanstående exempel. Varje markering kan exempelvis utgöras av ett streck eller en ellips, som börjar i den virtuella rasterpunkten och sträcker sig ut  
 5 från denna till en bestämd position. Alternativt kan någon annan symbol användas, såsom en kvadrat, rektangel, triangel, cirkel eller ellips, fylld eller ofylld.

Markeringarna behöver heller inte vara anordnade utefter rasterlinjerna i ett ortogonalt raster utan kan  
 10 också vara anordnade i andra arrangemang, såsom utmed rasterlinjerna i ett raster med 60 graders vinkel, etc.

Raster i form av trianglar och hexagoner kan också användas, såsom visas i fig 11 och 12. För exempelvis ett raster av trianglar, se fig 11, kan varje markering vara  
 15 förskjutna i sex olika riktningar. För ett hexagonalt raster (bikakeraster), se fig 12, kan markeringarna vara förskjutna i tre olika riktningar, utmed rasterlinjerna. I dessa fall blir bildens huvudvektorer i motsvarande grad fler; i fig 11 finns tre dominerande rasterrikt-  
 20 ningar, och i fig 12 finns tre dominerande rasterriktningar.

Såsom nämnts behöver markeringarna inte vara förskjutna utmed rasterlinjerna utan kan vara förskjutna i andra riktningar, t ex för att vara belägna i var sin  
 25 kvadrant vid kvadratisk rastermönster. I det hexagonala rastermönstret kan markeringarna vara förskjutna i fyra eller fler olika riktningar, t ex i sex olika riktningar utmed rasterlinjerna och utmed linjer som bildar 60 grader med rasterlinjerna. I ett ortogonalt raster kan  
 30 man vid behov använda endast två förskjutningar.

Det må också påpekas att det, beroende på tillgänglig processorkraft, kan vara möjligt att utföra ovan beskrivna Fourieranalys utgående från hela den faktiska bildinformation som registreras av sensorn. Likaså kan  
 35 det, om processorkraften är tillräcklig, vara möjligt att beräkna ett fullständigt spatialt frekvensspektrum i två

dimensioner, såsom visas i bakgrunden till fig 3, 5 och 8.

Fackmannen inser också att ovan beskrivna analys i frekvensdomänen på motsvarande vis kan verkställas i våg-  
5 längdsdomänen.

APPENDIX A

- Ett optiskt system med förstoringen  $m$  avbildar  
rymdkoordinaten  $(x, y, z)$  på sensorkoordinaten  $(x_s, y_s)$   
5 enligt projektnsformeln:

$$\begin{cases} x_s = -m \frac{x}{z} \\ y_s = -m \frac{y}{z} \end{cases} \quad (1)$$

- Antag nu två punkter i rymden,  $p^1$  och  $p^2$ . Dessa  
ligger på ett lutande plan vars  $z$ -komponent beskrivs av  
 $z = z_0 + ax + by$ . Punkterna  $p^1, p^2$  ligger vidare symmetriskt på  
10 var sin sida av  $x$ -axeln, i läge  $x_0$ , och får då koordinat-  
terna:

$$\begin{cases} p^1 = (x_0, y_0, z_0 + ax_0 + by_0) \\ p^2 = (x_0, -y_0, z_0 + ax_0 - by_0) \end{cases}$$

Efter projektn enligt (1) hamnar punkterna  $p^1, p^2$   
på sensorkoordinaterna  $p_s^1, p_s^2$ :

$$15 \quad \begin{cases} p_s^1 = -\frac{m}{z_0 + ax_0 + by_0} (x_0, y_0) \\ p_s^2 = -\frac{m}{z_0 + ax_0 - by_0} (x_0, -y_0) \end{cases}$$

Vi räknar nu ut lutningen i sensorn,  $\Delta x_s / \Delta y_s$ , mellan  
 $p_s^1$  och  $p_s^2$ :

$$\begin{aligned} \frac{\Delta x_s}{\Delta y_s} &= \frac{-m \cdot \left( \frac{x_0}{z_0 + ax_0 + by_0} - \frac{x_0}{z_0 + ax_0 - by_0} \right)}{-m \cdot \left( \frac{y_0}{z_0 + ax_0 + by_0} + \frac{y_0}{z_0 + ax_0 - by_0} \right)} = \quad (2) \\ &= \frac{(z_0 + ax_0 - by_0) \cdot x_0 - (z_0 + ax_0 + by_0) \cdot x_0}{(z_0 + ax_0 - by_0) \cdot y_0 + (z_0 + ax_0 + by_0) \cdot y_0} = \frac{-bx_0}{z_0 + ax_0} \end{aligned}$$

- 20 En punkt  $p^3$  mitt på  $x$ -axeln, i läge  $x_0$ ,  
 $p^3 = (x_0, 0, z_0 + ax_0)$ , avbildas enligt (1) på:

$$p_s^3 = -m \cdot \left( \frac{x_0}{z_0 + ax_0}, 0 \right) = (x_s, 0) \quad (3)$$

Vi ser om vi jämför (3) med (2) att lutningen i  
sensorn förändras linjärt enligt:

$$\frac{\Delta x_s}{\Delta y_s} = \frac{b}{m} x_s \quad (4)$$

Av symmetriskäl gäller motsvarande ekvation för lutningen i y-led. Vi vet nu alltså:

$$\begin{cases} \frac{\Delta x_s}{\Delta y_s} (x_s) = \frac{b}{m} x_s \\ \frac{\Delta y_s}{\Delta x_s} (y_s) = \frac{a}{m} y_s \end{cases}$$

- 5 Ett raster beläget på det lutande planet kommer förutom denna strikt linjära komponent även innehålla en konstant lutning, om rastret inte är perfekt centrerat. Vi får då följande mer generella ekvation:

$$\begin{cases} \frac{\Delta x_s}{\Delta y_s} (x_s) = \frac{b}{m} x_s + mk_x = kk_x \cdot x_s + mk_x \\ \frac{\Delta y_s}{\Delta x_s} (y_s) = \frac{a}{m} y_s + mk_y = kk_y \cdot y_s + mk_y \end{cases} \quad (5)$$

- 10 Ett generellt perspektiv kan alltså beskrivas av de fyra variablerna  $mk_x$ ,  $mk_y$ ,  $kk_x$ ,  $kk_y$ . Nu återstår att hitta transformen som återför bildkoordinaterna till ett ortogonalt förhållande, givet  $mk_x$ ,  $mk_y$ ,  $kk_x$ ,  $kk_y$ . För att göra detta subtraherar vi först bort den konstanta delen  
15 av lutningen (härhörande från kvarvarande vridning) så att lutningen vid koordinataxlarna är noll:

$$\begin{cases} x_s^t = x_s - y_s \cdot mk_x \\ y_s^t = y_s - x_s \cdot mk_y \end{cases} \quad (6)$$

- Sedan används (1) för att transformera dessa vridningskorrigerade koordinater i bakåtriktningen. Det går  
20 utan förlust av generalitet att sätta  $z_0 = m$ , eftersom detta endast medför skalning av koordinaterna. Vi har

$$\text{från (1): } \begin{cases} x = \frac{z \cdot x_s^t}{-m} \\ y = \frac{z \cdot y_s^t}{-m} \end{cases}$$

$$\text{från (5): } \begin{cases} a = m \cdot kk_y \\ b = m \cdot kk_x \end{cases}$$

- samt antagandet:  $z = m + ax + by$ ,  
25 vilket ger oss det olinjära ekvationsystemet:

$$\begin{cases} x = \frac{(m + m \cdot kk_x \cdot x + m \cdot kk_y \cdot y) \cdot x_s^c}{-m} \\ y = \frac{(m + m \cdot kk_x \cdot x + m \cdot kk_y \cdot y) \cdot y_s^c}{-m} \end{cases}$$

vars lösning är:

$$\begin{cases} x = -\frac{x_s^c}{1 - kk_x \cdot x_s^c - kk_y \cdot y_s^c} \\ y = -\frac{y_s^c}{1 - kk_x \cdot x_s^c - kk_y \cdot y_s^c} \end{cases}$$

där enligt (6):

5

$$\begin{cases} x_s^c = x_s - y_s \cdot mk_x \\ y_s^c = y_s - x_s \cdot mk_y \end{cases}$$



Concurrently filed with the application for this patent are applications entitled Systems and Methods for Information Storage based on Swedish Application No. 0000947-2, filed March 21, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/207,839, filed May 30, 2000; Secured Access Using a Coordinate System based on Swedish Application No. 0000942-3, filed March 21, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/207,850 filed on May 30, 2000; System and Method for Printing by Using a Position Coding Pattern based on Swedish Application No. 0001245-0, filed on April 5, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/210,651, filed on June 9, 2000; Apparatus and Methods Relating to Image Coding based on Swedish Application No. 0000950-6, filed on March 21, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/207,838, filed on May 30, 2000; Apparatus and Methods for Determining Spatial Orientation based on Swedish Application No. 0000951-4, filed on March 21, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/207,844, filed on May 30, 2000; System and Method for Determining Positional Information based on Swedish Application No. 0000949-8, filed March 21, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/207,885, filed on May 30, 2000; Method and System for Transferring and Displaying Graphical Objects based on Swedish Application No. 0000941-5, filed March 21, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/208,165, filed May 31, 2000; Online Graphical Message Service based on Swedish Application No. 0000944-9, filed March 21, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/207,881, filed May 30, 2000; Method and System for Digitizing Freehand Graphics With User-Selected Properties based on Swedish Application No. 0000945-6, filed March 21, 2000, U.S. Provisional Application No. 60/207,882, filed May 30, 2000; Data Form Having a Position-Coding Pattern Detectable by an Optical Sensor based on Swedish

Application No. 0001236-9, filed April 5, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/208,167, filed May 31, 2000; Method and Apparatus for Managing Valuable Documents based on Swedish Application No. 0001252-6, filed April 5, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/210,653 filed June 9, 2000; Method and Apparatus for Information Management based on Swedish Application No. 0001253-4 filed April 5, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/210,652, filed June 9, 2000; Device and Method for Communication based on Swedish Application No. 0000940-7, filed March 21, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/208,166, filed May 31, 2000; Information-Related Devices and Methods based on Swedish Application No. 0001235-1, filed April 5, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/210,647, filed June 9, 2000; Processing of Documents based on Swedish Application No. 0000954-8, filed March 21, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/207,849, filed May 30, 2000; Secure Signature Checking System based on Swedish Application No. 0000943-1, filed March 21, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/207,880, filed May 30, 2000; Identification of Virtual Raster Pattern, based on Swedish Application No. 0001235-1, filed April 5, 2000, and U.S. Provisional Application No. 60/210,647, filed June 9, 2000, and Swedish Application No. 0004132-7, filed November 10, 2000, and U.S. Provisional Application No. \_\_\_\_\_, filed January 12, 2001; and a new U.S. Provisional Application entitled Communications Services Methods and Systems.

The technical disclosures of each of the above-listed U.S. applications, U.S. provisional applications, and Swedish applications are hereby incorporated herein by reference. As used herein, the incorporation of a "technical disclosure" excludes

incorporation of information characterizing the related art, or characterizing advantages or objects of this invention over the related art.

11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000  
1001  
1002  
1003  
1004  
1005  
1006  
1007  
1008  
1009  
1010  
1011  
1012  
1013  
1014  
1015  
1016  
1017  
1018  
1019  
1020  
1021  
1022  
1023  
1024  
1025  
1026  
1027  
1028  
1029  
1030  
1031  
1032  
1033  
1034  
1035  
1036  
1037  
1038  
1039  
1040  
1041  
1042  
1043  
1044  
1045  
1046  
1047  
1048  
1049  
1050  
1051  
1052  
1053  
1054  
1055  
1056  
1057  
1058  
1059  
1060  
1061  
1062  
1063  
1064  
1065  
1066  
1067  
1068  
1069  
1070  
1071  
1072  
1073  
1074  
1075  
1076  
1077  
1078  
1079  
1080  
1081  
1082  
1083  
1084  
1085  
1086  
1087  
1088  
1089  
1090  
1091  
1092  
1093  
1094  
1095  
1096  
1097  
1098  
1099  
1100  
1101  
1102  
1103  
1104  
1105  
1106  
1107  
1108  
1109  
1110  
1111  
1112  
1113  
1114  
1115  
1116  
1117  
1118  
1119  
1120  
1121  
1122  
1123  
1124  
1125  
1126  
1127  
1128  
1129  
1130  
1131  
1132  
1133  
1134  
1135  
1136  
1137  
1138  
1139  
1140  
1141  
1142  
1143  
1144  
1145  
1146  
1147  
1148  
1149  
1150  
1151  
1152  
1153  
1154  
1155  
1156  
1157  
1158  
1159  
1160  
1161  
1162  
1163  
1164  
1165  
1166  
1167  
1168  
1169  
1170  
1171  
1172  
1173  
1174  
1175  
1176  
1177  
1178  
1179  
1180  
1181  
1182  
1183  
1184  
1185  
1186  
1187  
1188  
1189  
1190  
1191  
1192  
1193  
1194  
1195  
1196  
1197  
1198  
1199  
1200  
1201  
1202  
1203  
1204  
1205  
1206  
1207  
1208  
1209  
1210  
1211  
1212  
1213  
1214  
1215  
1216  
1217  
1218  
1219  
1220  
1221  
1222  
1223  
1224  
1225  
1226  
1227  
1228  
1229  
1230  
1231  
1232  
1233  
1234  
1235  
1236  
1237  
1238  
1239  
1240  
1241  
1242  
1243  
1244  
1245  
1246  
1247  
1248  
1249  
1250  
1251  
1252  
1253  
1254  
1255  
1256  
1257  
1258  
1259  
1260  
1261  
1262  
1263  
1264  
1265  
1266  
1267  
1268  
1269  
1270  
1271  
1272  
1273  
1274  
1275  
1276  
1277  
1278  
1279  
1280  
1281  
1282  
1283  
1284  
1285  
1286  
1287  
1288  
1289  
1290  
1291  
1292  
1293  
1294  
1295  
1296  
1297  
1298  
1299  
1300  
1301  
1302  
1303  
1304  
1305  
1306  
1307  
1308  
1309  
1310  
1311  
1312  
1313  
1314  
1315  
1316  
1317  
1318  
1319  
1320  
1321  
1322  
1323  
1324  
1325  
1326  
1327  
1328  
1329  
1330  
1331  
1332  
1333  
1334  
1335  
1336  
1337  
1338  
1339  
1340  
1341  
1342  
1343  
1344  
1345  
1346  
1347  
1348  
1349  
1350  
1351  
1352  
1353  
1354  
1355  
1356  
1357  
1358  
1359  
1360  
1361  
1362  
1363  
1364  
1365  
1366  
1367  
1368  
1369  
1370  
1371  
1372  
1373  
1374  
1375  
1376  
1377  
1378  
1379  
1380  
1381  
1382  
1383  
1384  
1385  
1386  
1387  
1388  
1389  
1390  
1391  
1392  
1393  
1394  
1395  
1396  
1397  
1398  
1399  
1400  
1401  
1402  
1403  
1404  
1405  
1406  
1407  
1408  
1409  
1410  
1411  
1412  
1413  
1414  
1415  
1416  
1417  
1418  
1419  
1420  
1421  
1422  
1423  
1424  
1425  
1426  
1427  
1428  
1429  
1430  
1431  
1432  
1433  
1434  
1435  
1436  
1437  
1438  
1439  
1440  
1441  
1442  
1443  
1444  
1445  
1446  
1447  
1448  
1449  
1450  
1451  
1452  
1453  
1454  
1455  
1456  
1457  
1458  
1459  
1460  
1461  
1462  
1463  
1464  
1465  
1466  
1467  
1468  
1469  
1470  
1471  
1472  
1473  
1474  
1475  
1476  
1477  
1478  
1479  
1480  
1481  
1482  
1483  
1484  
1485  
1486  
1487  
1488  
1489  
1490  
1491  
1492  
1493  
1494  
1495  
1496  
1497  
1498  
1499  
1500  
1501  
1502  
1503  
1504  
1505  
1506  
1507  
1508  
1509  
1510  
1511  
1512  
1513  
1514  
1515  
1516  
1517  
1518  
1519  
1520  
1521  
1522  
1523  
1524  
1525  
1526  
1527  
1528  
1529  
1530  
1531  
1532  
1533  
1534  
1535  
1536  
1537  
1538  
1539  
1540  
1541  
1542  
1543  
1544  
1545  
1546  
1547  
1548  
1549  
1550  
1551  
1552  
1553  
1554  
1555  
1556  
1557  
1558  
1559  
1560  
1561  
1562  
1563  
1564  
1565  
1566  
1567  
1568  
1569  
1570  
1571  
1572  
1573  
1574  
1575  
1576  
1577  
1578  
1579  
1580  
1581  
1582  
1583  
1584  
1585  
1586  
1587  
1588  
1589  
1590  
1591  
1592  
1593  
1594  
1595  
1596  
1597  
1598  
1599  
1600  
1601  
1602  
1603  
1604  
1605  
1606  
1607  
1608  
1609  
1610  
1611  
1612  
1613  
1614  
1615  
1616  
1617  
1618  
1619  
1620  
1621  
1622  
1623  
1624  
1625  
1626  
1627  
1628  
1629  
1630  
1631  
1632  
1633  
1634  
1635  
1636  
1637  
1638  
1639  
1640  
1641  
1642  
1643  
1644  
1645  
1646  
1647  
1648  
1649  
1650  
1651  
1652  
1653  
1654  
1655  
1656  
1657  
1658  
1659  
1660  
1661  
1662  
1663  
1664  
1665  
1666  
1667  
1668  
1669  
1670  
1671  
1672  
1673  
1674  
1675  
1676  
1677  
1678  
1679  
1680  
1681  
1682  
1683  
1684  
1685  
1686  
1687  
1688  
1689  
1690  
1691  
1692  
1693  
1694  
1695  
1696  
1697  
1698  
1699  
1700  
1701  
1702  
1703  
1704  
1705  
1706  
1707  
1708  
1709  
1710  
1711  
1712  
1713  
1714  
1715  
1716  
1717  
1718  
1719  
1720  
1721  
1722  
1723  
1724  
1725  
1726  
1727  
1728  
1729  
1730  
1731  
1732  
1733  
1734  
1735  
1736  
1737  
1738  
1739  
1740  
1741  
1742  
1743  
1744  
1745  
1746  
1747  
1748  
1749  
1750  
1751  
1752  
1753  
1754  
1755  
1756  
1757  
1758  
1759  
1760  
1761  
1762  
1763  
1764  
1765  
1766  
1767  
1768  
1769  
1770  
1771  
1772  
1773  
1774  
1775  
1776  
1777  
1778  
1779  
1780  
1781  
1782  
1783  
1784  
1785  
1786  
1787  
1788  
1789  
1790  
1791  
1792  
1793  
1794  
1795  
1796  
1797  
1798  
1799  
1800  
1801  
1802  
1803  
1804  
1805  
1806  
1807  
1808  
1809  
1810  
1811  
1812  
1813  
1814  
1815  
1816  
1817  
1818  
1819  
1820  
1821  
1822  
1823  
1824  
1825  
1826  
1827  
1828  
1829  
1830  
1831  
1832  
1833  
1834  
1835  
1836  
1837  
1838  
1839  
1840  
1841  
1842  
1843  
1844  
1845  
1846  
1847  
1848  
1849  
1850  
1851  
1852  
1853  
1854  
1855  
1856  
1857  
1858  
1859  
1860  
1861  
1862  
1863  
1864  
1865  
1866  
1867  
1868  
1869  
1870  
1871  
1872  
1873  
1874  
1875  
1876  
1877  
1878  
1879  
1880  
1881  
1882  
1883  
1884  
1885  
1886  
1887  
1888  
1889  
1890  
1891  
1892  
1893  
1894  
1895  
1896  
1897  
1898  
1899  
1900  
1901  
1902  
1903  
1904  
1905  
1906  
1907  
1908  
1909  
1910  
1911  
1912  
1913  
1914  
1915  
1916  
1917  
1918  
1919  
1920  
1921  
1922  
1923  
1924  
1925  
1926  
1927  
1928  
1929  
1930  
1931  
1932  
1933  
1934  
1935  
1936  
1937  
1938  
1939  
1940  
1941  
1942  
1943  
1944  
1945  
1946  
1947  
1948  
1949  
1950  
1951  
1952  
1953  
1954  
1955  
1956  
1957  
1958  
1959  
1960  
1961  
1962  
1963  
1964  
1965  
1966  
1967  
1968  
1969  
1970  
1971  
1972  
1973  
1974  
1975  
1976  
1977  
1978  
1979  
1980  
1981  
1982  
1983  
1984  
1985  
1986  
1987  
1988  
1989  
1990  
1991  
1992  
1993  
1994  
1995  
1996  
1997  
1998  
1999  
2000  
2001  
2002  
2003  
2004  
2005  
2006  
2007  
2008  
2009  
2010  
2011  
2012  
2013  
2014  
2015  
2016  
2017  
2018  
2019  
2020  
2021  
2022  
2023  
2024  
2025  
2026  
2027  
2028  
2029  
2030  
2031  
2032  
2033  
2034  
2035  
2036  
2037  
2038  
2039  
2040  
2041  
2042  
2043  
2044  
2045  
2046  
2047  
2048  
2049  
2050  
2051  
2052  
2053  
2054  
2055  
2056  
2057  
2058  
2059  
2060  
2061  
2062  
2063  
2064  
2065  
2066  
2067  
2068  
2069  
2070  
2071  
2072  
2073  
2074  
2075  
2076  
2077  
2078  
2079  
2080  
2081  
2082  
2083  
2084  
2085  
2086  
2087  
2088  
2089  
2090  
2091  
2092  
2093  
2094  
2095  
2096  
2097  
2098  
2099  
2100  
2101  
2102  
2103  
2104  
2105  
2106  
2107  
2108  
2109  
2110  
2111  
2112  
2113  
2114  
2115  
2116  
2117  
2118  
2119  
2120  
2121  
2122  
2123  
2124  
2125  
2126  
2127  
2128  
2129  
2130  
2131  
2132  
2133  
2134  
2135  
2136  
2137  
2138  
2139  
2140  
2141  
2142  
2143  
2144  
2145  
2146  
2147  
2148  
2149  
2150  
2151  
2152  
2153  
2154  
2155  
2156  
2157  
2158  
2159  
2160  
2161  
2162  
2163  
2164  
2165  
2166  
2167  
2168  
2169  
2170  
2171  
2172  
2173  
2174  
2175  
2176  
2177  
2178  
2179  
2180  
2181  
2182  
2183  
2184  
2185  
2186  
2187  
2188  
2189  
2190  
2191  
2192  
2193  
2194  
2195  
2196  
2197  
2198  
2199  
2200  
2201  
2202  
2203  
2204  
2205  
2206  
2207  
2208  
2209  
2210  
2211  
2212  
2213  
2214  
2215  
2216  
2217  
2218  
2219  
2220  
2221  
2222  
2223  
2224  
2225  
2226  
2227  
2228  
2229  
2230  
2231  
2232  
2233  
2234  
223

## PATENTKRAV

1. Sätt att identifiera ett virtuellt rastermönster  
5 (5) i en avbildning av ett flertal markeringar (4) som  
var och en är associerad med en respektive korsningspunkt  
(6) för rasterlinjer (7) tillhörande nämnda rastermönster  
(5), k ä n n e t e c k n a t av att det virtuella raster-  
mönstret (5) identifieras via Fourieranalys av nämnda  
10 avbildning.
2. Sätt enligt krav 1, omfattande steget att före  
Fourieranalysen omvandla avbildningen till en uppsättning  
enhetspulser, vilka placeras i markeringarnas (4) posi-  
tioner i avbildningen.
- 15 3. Sätt enligt krav 2, varvid varje enhetspuls pla-  
ceras i tyngdpunkten av motsvarande markering (4).
4. Sätt enligt något av kraven 1-3, varvid nämnda  
Fourieranalys omfattar stegen:  
att beräkna ett spatialt frekvensspektrum i två  
20 dimensioner på basis av nämnda avbildning,  
att utgående från nämnda frekvensspektrum identi-  
fiera minst två huvudvektorer hos nämnda avbildning, och  
att på basis av nämnda huvudvektorer identifiera  
rasterlinjerna (7) hos nämnda rastermönster (5).
- 25 5. Sätt enligt krav 4, varvid det spatiala frek-  
vensspektrat beräknas utgående från en tvådimensionell  
Fouriertransform längs minst två riktningar i nämnda  
avbildning.
6. Sätt enligt kraven 4 eller 5, varvid det spatiala  
30 frekvensspektrat beräknas på basis av ett centralt parti  
av avbildningen.
7. Sätt enligt något av kraven 4-6, varvid steget  
att identifiera minst två huvudvektorer omfattar del-  
stegen:  
35 att i det spatiala frekvensspektrat lokalisera  
positioner för toppar som överskrider ett givet tröskel-  
värde, och

att på basis av nämnda positioner välja nämnda minst två huvudvektorer.

8. Sätt enligt något av kraven 4-7, varvid stegen att beräkna ett spatialt frekvensspektrum och identifiera  
5 huvudvektorer däri omfattar delstegen:

att stegvis ändra riktningen för en riktningsvektor inom ett vinkelintervall,

- att på basis av varje sådan riktningsvektor beräkna minst ett absolutvärde av den tvådimensionella Fourier-  
10 transformen för avbildningen, och

att identifiera de absolutvärden som överskrider nämnda tröskelvärde.

9. Sätt enligt krav 8, varvid riktningsvektorns längd ändras inom ett frekvensintervall som innefattar  
15 rastermönstrets (5) nominella spatialfrekvens.

10. Sätt enligt krav 9, varvid riktningsvektorns längd ändras stegvis, företrädesvis i steg som är omvänt proportionella mot ett 2-potens-värde.

11. Sätt enligt något av kraven 8-10, varvid positionen för var och en av nämnda toppar lokaliserar genom  
20 beräkning av tyngdpunkten för de absolutvärden som överskrider nämnda tröskelvärde och som angränsar varandra i det spatiala frekvensspektrat.

12. Sätt enligt något av kraven 7-11, varvid delsteget att välja minst två huvudvektorer omfattar:

att låta varje position identifiera en kandidatvektor (c1-c3),

- att låta minst en aktuell avbildningstransform, som ger en given ändring av förhållandet mellan två vektorer,  
30 operera på nämnda kandidatvektorer (c1-c3), och

att som huvudvektorer välja de kandidatvektorer som för nämnda minst en aktuell avbildningstransform uppnår ett önskat inbördes förhållande.

13. Sätt enligt krav 12, varvid varje aktuell avbildningstransform motsvarar ett givet avbildningsförhållande mellan en sensor (14) som registrerar nämnda  
35

avbildning och ett objekt (1) som är försett med nämnda flertal markeringar (4).

14. Sätt enligt krav 12 eller 13, omfattande stegen att sekventiellt låta en serie av olika aktuella avbildningstransformer operera på nämnda kandidatvektorer (c1-c3), åtminstone tills ett önskat inbördes förhållande uppnås mellan nämnda kandidatvektorer.

15. Sätt enligt något av kraven 12-14, varvid nämnda rastermönster (5) identifieras på basis av den avbildningstransform som gav upphov till det önskade förhållandet mellan kandidatvektorerna (c1-c3).

16. Sätt enligt krav 12 eller 13, varvid den aktuella avbildningstransformen väljs på basis av en tidigare avbildningstransform som gav upphov till det önskade förhållandet för en föregående avbildning.

17. Sätt enligt något av kraven 4-16, varvid nämnda huvudvektorer väljs på basis av tidigare huvudvektorer som fastställts för en föregående avbildning.

18. Sätt enligt något av föregående krav, omfattande steget att transformera nämnda markeringar (4) med huvudvektorerna som bas för åstadkommande av en vridningskorrigerad avbildning i vilken vridning av markeringarna (4) över avbildningens bildplan är väsentligen eliminerad.

19. Sätt enligt krav 18, omfattande det ytterligare steget att kompensera för perspektiv i den vridningskorrigerade avbildningen.

20. Sätt enligt krav 18 eller 19, omfattande de ytterligare stegen:

att fastställa bredden på de mot huvudvektorerna svarande topparna i ett spatialt frekvensspektrum av nämnda vridningskorrigerade avbildning, och

att kompensera för perspektiv i den vridningskorrigerade avbildningen om bredden överstiger ett givet breddvärde.

21. Sätt enligt krav 19 eller 20, varvid steget att kompensera för perspektiv omfattar delstegen:

att mäta en lutningsvariation för rastermönstret längs varje huvudvektor i den vridningskorrigerade avbildningen,

- 5 att på basis av den uppmätta lutningsvariationen beräkna en perspektivtransform som väsentligen eliminerar nämnda lutningsvariation, och

att medelst perspektivtransformen åstadkomma en perspektivkorrigerad avbildning.

- 10 22. Sätt enligt krav 21, varvid mätningen av lutningsvariationen för rastermönstret längs en vald huvudvektor omfattar delstegen:

15 att via Fourieranalys av minst två längs den valda huvudvektorn fördelade delmängder av den vridningskorrigerade avbildningen beräkna minst en delmängdshuvudvektor för varje delmängd,

att för varje delmängdshuvudvektor identifiera en utgångsposition i den tillhörande delmängden, och

- 20 att på basis av nämnda delmängdshuvudvektorer och utgångspositioner beräkna lutningsvariationen längs den valda huvudvektorn.

23. Sätt enligt krav 22, varvid utgångspositionen identifieras på basis av tyngdpunkten för de i respektive delmängd ingående markeringarna.

- 25 24. Sätt enligt något av kraven 18-23, omfattande de ytterligare stegen:

att via Fourieranalys av den vridningskorrigerande eller perspektivkorrigerade avbildningen mäta dess fasförskjutning längs respektive huvudvektor, och

- 30 att på basis av de uppmätta fasförskjutningarna lokalisera rastermönstret (5) relativt nämnda markeringar (4) i avbildningen.

25. Sätt enligt krav 24, omfattande det ytterligare stegen:

- 35 att beräkna en normeringstransform som placerar rastermönstrets (5) korsningspunkter (6) på ett givet inbördes avstånd, och

att operera normeringstransformen på avbildningen  
för åstadkommande av en normerad avbildning.

26. Sätt att identifiera ett virtuellt rastermönster  
(5) i en avbildning av ett flertal markeringar (4) som  
5 var och en är associerad med en respektive korsningspunkt  
(6) för rasterlinjer (7) tillhörande nämnda rastermönster  
(5), k ä n n e t e c k n a t av stegen:

att via Fourieranalys detektera huvudvektorer hos  
avbildningen,

- 10 att på basis av nämnda huvudvektorer kompensera för  
vridning i avbildningens bildplan,

att detektera ett perspektiv i avbildningen,

att, vid behov, kompensera för nämnda perspektiv,

och

- 15 att, på basis av nämnda huvudvektorer, identifiera  
det virtuella rastermönstret (5).

27. Datorprogramprodukt som är avläsbar för en dator  
och innefattar ett datorprogram med instruktioner för att  
bringa datorn att genomföra ett sätt enligt något av

- 20 kraven 1-26.

28. Anordning för positionsbestämning, innefattande  
en sensor (14) för åstadkommande av en avbildning av en  
delyta av en yta (2), som är försedd med en positionskod  
i form av ett flertal markeringar (4) som var och en är  
25 associerad med en av ett flertal korsningspunkter (6)  
tillhörande ett virtuellt rastermönster (5), och ett  
bildbehandlingsorgan (16), som är anordnat att utifrån en  
delmängd av ytan (2) beräkna en position för delytan,  
varvid bildbehandlingsorganet (16) är utformat att iden-  
30 tifiera det virtuella rastermönstret (5) i enlighet med  
något av kraven 1-26.

29. Anordning enligt krav 28, vilken är handhållen.

30. Anordning enligt krav 28 eller 29, vilken har  
ett organ (19) för trådlös överföring av positionsinfor-  
35 mation.



## SAMMANDRAG

- 5 Ett sätt syftar till att identifiera ett virtuellt rastermönster i en avbildning av en yta som är försedd med ett flertal positionskodande markeringar. Varje markering är associerad med en respektive korsningspunkt för rasterlinjer tillhörande rastermönstret. Vid sättet identifieras det virtuella rastermönstret via Fourieranalys av avbildningen.
- 10 En datorprogramprodukt och en anordning för positionsbestämning beskrivs också.

15

20

25 Publ.bild: fig 2